

**ИССЛЕДОВАНИЕ БУРЫХ УГЛЕЙ ИТАТСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

К. К. СТРАМКОВСКАЯ, А. В. КРАВЦОВ

Итатское буроугольное месторождение размещается в западной части Канско-Ачинского бассейна на территории Итатского и Тисульского районов Кемеровской области.

Запасы топлива на этом месторождении огромны. Средняя мощность пласта 55 м, а в пределах Барандатской мульды доходит до 80 и даже до 100 м. Природные условия благоприятны для разработки пластов самым экономичным открытым способом.

Однако технологические свойства этих углей на различных участках обширного месторождения еще не достаточно изучены.

В данной работе исследовались пробы углей, доставленные в лабораторию Итатской геологоразведочной партией треста Кузбассуглегеология. Места отбора проб приведены в табл. 1. В герметической упаковке получены только пробы 4273, 4274, 2482а, 4282а и 4284а, все остальные поступали в лабораторию в деревянных ящиках.

Технический и элементарный анализы угля проведены по соответствующим ГОСТам [2], представлены в табл. 2 и показывают, что угли Итатского месторождения Барандатской Мульды малозольные (А — 3,6—7,2%). Состав золы почти всех проб углей (табл. 3) отличается высоким содержанием СаО — от 39 до 49%. Количество SiO<sub>2</sub> изменяется от 10 до 30%, а в верхних, более зольных частях угольного пласта, количество кремнезема в золе достигает 46%. Содержание окислов железа невелико — 7—13% и только в двух пробах оно достигает 26,5—28,678%. Температура плавления зол 1180—1400°C (см. табл. 4).

Рабочая влажность проб углей, доставленных в герметической упаковке, достигала 37%.

Количество углерода и водорода у проб, взятых из различных участков месторождения, изменялось в следующих пределах: углерод от 70,50 до 73,63; водород от 4,73 до 5,12. Содержание углерода и водорода мало менялось с глубиной залегания пласта в пределах одной скважины. Так, по скважине 2206 проба 2281а, характеризующая интервал опробования от 103,3 до 125,4 м, а проба 2284а — интервал опробования от 149,9 до 174 л, имеют небольшие отклонения в содержании углерода и водорода. Однако содержание углерода несколько



Таблица 1

## Место отбора проб

№ п.п.	Паспорт пробы	№ сква- жины	Местонахождение скважины	Название пласта	Мощность пласта, м	Глубина кровли, м	Интервал опробова- ния, м	Дата от- бора про- бы
1	2826	1664	уч. Урюпский поисковый III р. л.	Итат- ский	57,1	162,2	162,2— 219,3	28/ VII 1961
2	2837	1671	площадь восточ- ного крыла Баран- датской мульды 78 р. л.	"	7,0	228,7	228,7— 235,7	22/ VII 1961
3	2838	1671	" "	"	78,5	240,4	240,4— 318,9	24/ VII 1961
4	2610a	1705	Барандатский уч. 79 р. л.	"	63,0	52,0	52,0— 1150	20/ IX 1961
5	2840	1675	Барандатский уч. 78 р. л.	"	67,8	108,6	108,6— 176,4	21/ IX 1961
6	2842	1680	Барандатский уч. 79 р. л.	"	89,2	207,8	207,8— 300,9	21/ IX 1961
7	4004	2069	Барандатский I уч. р. л. 90, 1000 м Ю. З, скв. 1988	"	88,61	220,0	220— 308,6	20. VII 1962
8	4273	2175	уч. Барандатский 1,71 р. л., 500 м Ю. З. скв. 1602	"	35,6	167,7	185,5— 186,0	4. IX 1962
9	4274	2175	уч. Барандатский 1,71 р. л. 500 м Ю. З. скв. 1602	"	35,6	167,7	186— 186,5	4/ XI 1962
10	4281a	2206	уч. Барандатский 1,93 р. л. ПС7	"	72,8	101,3	101,3— 125,4	10/ XII 1962
11	4282a	2206	уч. Барандатский 1,93 р. л. ПС7	"	72,8	101,3	125,4— 147,9	12/ XII 1962
12	4284a	2206	уч. Барандатский 1,93 р. л. ПС7	"	72,8	101,8	147,9— 174,1	14/ XII 1962
13	2281 и 2281a	2281 и 2281a	уч. Барандатский 1,98 р. л. 50 м СВ от скв. 2253	"	67,0	46,0	46,0— 113,0	февраль 1963
14	4619	2355 и 2355a	уч. Барандатский III, 131 р. л.	"	68,5	58,5	58,5— 127	22/ IV 1963
15	4625	2368	уч. Барандатский III, 135 р. л.	"	35,6	24,0	24,0— 59,6	28/ IV 1963

увеличивается с глубиной залегания пласта в различных пунктах месторождения. Например, пробы 2837 и 2838, интервал опробования соответственно 228,7—235,7 м и 240—318 м, содержат углерода на горючую массу 72,76 и 73,63%, а у пробы 4625—(интервал опробования 24—59 м)  $C^r$ —71,20%.

Характерной особенностью этого угля является малое содержание серы и азота. Только в двух пробах серы было 0,42—0,57%, а во всех остальных не более 0,2%. Содержание азота 0,7—0,9%.

В связи с постоянством элементарного состава мало изменялась теплотворная способность углей —  $Q^r_6$ —6400—6750 ккал/кг.



Таблица 2

Аналитическая характеристика Итатского бурового угля

№ п/п	№ пробы	Технический анализ				Q <sub>г</sub> %	Содержание на горючую массу, %				
		W <sub>a</sub> %	W <sub>p</sub> %	A <sup>c</sup> %	V <sup>г</sup> %		C <sup>г</sup>	H <sup>г</sup>	N <sup>г</sup>	S <sup>г</sup>	O <sup>г</sup>
1	2826	9,42		5,07	44,76	6400	70,08	4,73	0,89	0,26	24,04
2	2837	10,41		7,45	43,45	6615	72,56	5,00	0,89	0,14	21,41
3	2838	10,15		6,17	44,99	6760	73,63	4,80	0,98	0,14	50,45
4	2610a	10,62		5,23	44,61	6320	71,36	5,05	0,92	0,09	22,58
5	2840	10,97		8,30	44,14		71,00	4,89	0,63	0,19	23,29
6	2842	10,29		8,16	45,34	6480	70,52	4,87	0,88	0,13	23,60
7	4004	7,40		5,25	45,10	6650	71,75	5,04	0,81	0,13	22,27
8	4273	8,20	32,16	4,27	43,27	6515	70,80	4,90	0,75	0,08	23,70
9	4274	8,92	32,01	3,92	44,19	6550	72,32	4,89	0,82	0,09	22,82
10	4281a	9,20	33,97	19,81	45,08	6410	71,03	5,06	0,88	0,57	22,46
11	4282a	9,04	37,28	4,08	46,10	6540	71,50	4,95	0,85	0,16	22,54
12	4284a	9,31	33,14	5,27	44,51	6500	71,25	4,95	0,82	0,13	22,85
13	2281 2281a	10,39	34,94	7,29	44,74	6725	70,78	5,03	0,79	0,42	22,98
14	4619	11,21	32,70	6,73	44,92	6740	72,57	5,24	0,81	0,17	21,26
15	4625	11,17		3,97	46,30	6659	71,20	5,12	0,90	0,13	22,62

Эти угли дают большой выход летучих — от 43,5 до 46,3% и совершенно не спекаются.

Данные табл. 5 показывают, что все исследованные пробы углей дают большой выход гуминовых кислот, составляющий 35—40%, и малый выход битума, не превышающий 5% на горючую массу.

Полукоксование этих углей в стандартной алюминиевой реторте при температуре 550° показало малый выход первичной смолы (5,0—7,5%). Только в двух пробах из 15 было получено первичной смолы около 8%.

Выход первичного газа на сухое топливо 17,5—20% или 187—200 нм<sup>3</sup>/т. В составе этого газа от 43 до 52% углекислоты, что обуславливает низкую его теплотворную способность, составляющую 2500—3000 ккал/нм<sup>3</sup>.

Выход полукокса на сухое топливо 66,0—67,5%.

Для одной из проб, согласно инструкции, приложенной к ГОСТ 3848—47 [3], определен индекс разбивания. Испытанию подвергались куски жерна диаметром 70 мм.

Выяснено, что эти угли в свежедобытом состоянии довольно крепкие. Так, индекс разбивания для угля с влажностью 30,48% равен 77,4. Известно, что согласно ГОСТ 3846—47 антрациты, имеющие индекс разбивания больше 70, относятся к первому сорту. Так что во влажном состоянии бурые угли Итатского месторождения можно поставить в ряд с очень крепкими антрацитами, но прочность этого угля резко падала по мере его высыхания. После пятисуточного хранения на воздухе в лаборатории индекс разбивания угля снизился до 38.

Кроме того, для нескольких проб этих углей были определены истинный и кажущийся удельные веса, а также их диэлектрические и оптические свойства.



Таблица 3

## Химический состав золы

№ п.п.	Наименова- ние пробы	H <sub>2</sub> O	ППП	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Сумма
1	4273	0,19	2,51	18,34	0,63	5,46	8,16	42,70	10,32	7,06	95,37
2	4274	0,04	6,38	10,04	0,35	5,34	13,81	43,26	10,13	9,81	99,16
3	4281a	0,31	3,23	46,00	1,32	18,55	8,38	11,20	2,35	8,92	100,26
4	4282a	нет	7,42	9,86	0,35	6,92	6,78	49,00	10,68	8,74	99,75
5	4284a	нет	1,74	18,56	0,62	9,15	7,58	44,38	9,23	8,78	100,04
6	2281и 2281a	0,17	0,73	19,86	0,63	10,07	5,75	39,48	6,84	15,60	99,13
7	2826	нет	7,02	12,06	0,55	6,58	10,62	48,58	7,71	6,75	99,87
8	2837	"	4,62	22,64	0,55	6,85	26,50	24,78	6,66	6,69	99,29
9	2840	"	5,00	30,90	0,85	14,93	8,22	26,18	6,95	6,41	99,44
10	2842	"	3,90	20,00	0,38	11,24	28,78	21,84	6,84	6,52	99,50
11	4004	"	3,20	27,00	0,63	11,73	8,14	31,08	8,87	9,26	99,91
12	4619	"	7,86	17,80	0,55	8,39	5,91	37,94	7,13	14,09	99,67
13	4625	"	5,20	8,10	0,47	6,11	11,57	52,78	6,33	9,40	99,96



Таблица 4

## Температура плавления зол

№ п.п.	Номера проб	Температура начала деформации $t_1$ — округление вершины образца	Температура размягчения $t_2$ — при которой вершина конуса опускается	Температура $t_3$ — начало жидкоплавкого состояния (конус расплавляется)
1	2837	1240	1260	1280
2	4004	1240	1280	1280
3	2840	1280	1320	1360
4	4625	1300	1370	1400
5	4619	1340	1380	1400
6	2826	1180	1300	1380
7	2842	1130	1160	1180
8	2281 и 2281a	1300	1320	1340

Для испытания аналитические пробы высушивались до постоянного веса при  $105^\circ$  и затем прессовались с давлением  $2000 \text{ кг/см}^2$ . Для спрессованных таблеток на установке, предназначенной для определения проводимости полупроводников, определялась кривая спада тока, и по установившемуся току рассчитывалось удельное сопротивление. Расчет удельного сопротивления угля проведен по формуле:  $\rho = \frac{S \cdot U}{J \cdot l}$ , где  $S$  —

площадь электрода, в  $\text{см}^2$ ;  $l$  — толщина образца, в  $\text{см}$ ;  $J$  — установившийся ток в  $\text{а}$ ;  $U$  — накладываемое напряжение.

Удельные сопротивления представлены в табл. 6.

У сухого подмосковного угля удельное сопротивление равно  $4 \cdot 10^{10} \text{ ом.см.}$  Результаты многих работ показывают, что при комнатной температуре электросопротивление сухих бурых углей различной степени метаморфизма колеблется от  $10^9$  до  $10^{11} \text{ ом.см.}$  [4]. Полученные нами удельные сопротивления для сухих Итатских углей несколько выше подмосковных в связи с тем, что зольность Итатских углей значительно ниже подмосковных.

Диэлектрическую проницаемость Итатского бурого угля определяли следующим образом: аналитическая проба угля, высушенная до постоянного веса при  $105^\circ$  прессовалась под давлением  $1000 \text{ кг/см}^2$  и тотчас же определялся тангенс угла потерь и диэлектрическая проницаемость с помощью моста МДП. Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  рассчитывали по формуле:

$$\epsilon = \frac{4\pi \cdot d \cdot C_x}{S},$$

где  $d$  — толщина образца,  $S$  — площадь образца,  $C_x$  — емкость, рассчитываемая из данных опыта.  $C_x = C_0 \cdot \frac{R_4}{R_3}$ ,

где  $R_3$  и  $R_4$  — показания моста.

Полученные данные приведены в табл. 6.

Коэффициент лучепреломления, представляющий собой отношение скорости света в стандартной среде к скорости света в данном веществе, измерен нами иммерсионным методом [5].

Экспериментальные данные (табл. 6) показывают, что диэлектрическая проницаемость и коэффициент лучепреломления для Итатских



Таблица 5

## Групповой состав, выходы продуктов при полукоксовании и состав первичного газа

№ п.п.	№ пробы	Выход на горючую массу, %		Выход продуктов полукоксования в % на сухое вещество угля					Состав газа полукоксования, % объемн.							Теплотворная способность газа, ккал/м <sup>3</sup>
		гумино- вые ки- слоты	биту- мы	полу- кокс	смола	пирогенетическая вода	газ ÷ потери	газ м <sup>3</sup> /т	CO <sub>2</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	
1	2281	32,73	4,57	67,10	7,10	6,90	18,80	186,0	43,20	2,5	1,40	16,70	9,40	19,10	6,8	2957
	2281 <sup>a</sup>															
2	2326	42,63	4,82	66,88	7,15	7,45	18,52	212,0								
3	2837	35,90		68,75	7,92	6,90	16,42	187,0	50,80	1,80	1,4	13,9	11,3	15,6	5,2	2755
4	2838	35,61	4,51	66,50	6,65	7,55	19,40	207,0	50,7	2,1	1,3	15,7	9,5	17,4	3,3	2579
5	2610 <sup>a</sup>	48,64	5,13	66,50	5,0	6,78	21,72	204,0	43,3	2,0	1,3	17,0	11,8	18,1	5,5	
6	2840	39,08	5,04	66,70	6,90	7,30	20,90	200,5								
7	2842	34,23	4,81	61,00	6,14	7,50	18,50	213,0								
8	4004	34,07	5,00	64,90	6,35	8,20	20,55	199,0	47,8	2,1	1,5	16,0	10,1	17,2	5,3	2909
9	4273	29,26	5,23	67,50	7,85	7,05	17,60	202,0	45,0	1,7	2,0	17,8	10,5	20,2	2,8	
10	4274	29,85	5,14	66,0	6,65	10,00	17,35	196,5								
11	4281 <sup>a</sup>	42,29	3,41	78,7	6,3	6,00	19,0	178,0	45,2	2,5	1,4	16,7	9,4	19,5	5,5	3082
12	4282 <sup>a</sup>	35,73		66,50	7,45	7,35	18,7	208,5								
13	4284 <sup>a</sup>	37,93	5,23	67,0	6,15	8,15	18,7	189,0	43,1	2,4	1,9	19,9	8,7	20,9	3,1	3032
14	4625	34,38	4,72	66,70	6,86	6,10	20,34									
15	4619	35,55	4,80	62,40	5,85	11,00	20,75	211,5	49,9	2,7	1,6	15,8	8,3	17,2	4,3	2836



бурых углей, как и в большинстве случаев, не подчиняется уравнению Д. Максвелла, показывающему зависимость между электрическими и оптическими свойствами веществ, выраженному уравнением  $\epsilon = n^2$ ; где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость вещества;  $n$  — коэффициент преломления света.

Таблица 6

Физические свойства Итатских бурых углей

№ пробы	Удельный вес		Удельное сопротивление, $\Omega \cdot \text{см}$	Тангенс угла потерь	Диэлектрическая проницаемость	Коэффициент лучепреломления
	истинный	кажущийся				
4281a	1,53	0,93	18,3.10 <sup>11</sup>	0,056	3,70	1,570
4282a	1,44	1,11	13,2.10 <sup>11</sup>	0,031	4,00	1,570
4284a	1,43	0,91	8,73.10 <sup>11</sup>	0,037	4,14	1,653
2281и 2781a	1,37	1,12	7,8.10 <sup>11</sup>	0,043	4,30	1,577

Диэлектрическая проницаемость вещества в уравнении Д. Максвелла представляет собой отношение силы взаимодействия электрических зарядов в вакууме к силе взаимодействия их в данном диэлектрике, которое обуславливается изменением расположения молекул в последнем и связано с молекулярным строением. Для большинства электроизоляционных материалов эта величина колеблется от двух до шести. Что касается различных ископаемых углей, то по этому вопросу лишь в последнее время опубликованы немногочисленные исследования [4].

Из оптических свойств данного угля нами определена еще отражательная способность, которая составляет величину 1,5—3% при различных длинах падающих волн.

### Выводы

1. Проведено исследование 15 проб углей, отобранных из различных участков, показавшее, что угли Итатского месторождения относятся к малобитуминозным, плотным бурым гумусовым углям с малой зольностью и большим выходом летучих, совершенно не спекаются.

2. При полукоксовании эти угли дают малый выход смолы, не превышающий восьми процентов на сухое топливо, и большой выход первичного газа, до 200  $\text{км}^3/\text{т}$ , в составе которого почти 50%  $\text{CO}_2$ .

3. Состав золы этих углей отличается высоким содержанием окиси кальция (39—49%). Температура плавления зол у исследованных проб колебалась в широких пределах 1180—1400°C.

4. В свежедобытом состоянии это топливо обладает высокой механической прочностью, которая резко уменьшается при кратковременном хранении их на воздухе («индекс разбивания» снижается в течение пяти дней с 77,4 до 38).

5. Определены некоторые диэлектрические и оптические свойства Итатских бурых углей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Г. Аронов, Л. Л. Нестеренко. Химия твердых горючих ископаемых. Издание ХГУ, 1960.
2. СССР. Государственные стандарты твердых топлив. Уголь. Метод исследования. Государственное издательство стандартов, 1962.
3. З. Е. Тайц, Н. Г. Титов, Н. В. Шишаков. Методы оценки угля как сырья для промышленного использования. Углетехиздат, 1949.
4. А. А. Агроскин. Физические свойства углей. Metallurgizdat, 1961.